

スマートハンドルの提案と試作

貝原 将太^{*1} 赤池 英夫^{*1}

A Proposal and Prototyping of The Smart Handle

Shota Kaihara^{*1}, Hideo Akaike^{*1}

Abstract – In this paper we present the Smart Handle, a bicycle handlebar that emits light to inform cyclists of their surrounding. Cyclists are faced to several kinds of troubles daily. Especially, fast approaching cars from behind, poor road conditions and rapid change in weather are bothering them. In this time, we made a prototype that implemented the function of vehicle detection and tested its benefits. In addition, we also designed it to be able to load navigation using GPS with assistance of smartphones, monitoring user's vital data and so on in the future.

Keywords : Bicycle, Sensing, Safety, I/O device.

1. はじめに

近年、交通事故件数の減少に伴い自転車事故及び自転車関与事故件数は減少傾向にある。しかし、その内訳を見てみると平成 29 年では 11 月時点で前年の 18.2%を上回る 19.1%となっている^[1]。また、平成 28 年では相手当事者別でみると自動車の割合が最も高くなっている^[2]。このような事故を防ぐためには自転車の周囲の状況をユーザが認知することを支援することが重要である。そこで我々は自転車のパーツとしてもともと存在するハンドル部分に着目し、検出した外界の状況をユーザに提示することをはじめとして、多目的に利用可能なハンドル型デバイスを提案する。

2. 関連研究

Prasad ら^[3]はモーターバイク利用者に向けた支援システムとして、精神的作業負荷の少ない触覚に対する刺激によりユーザをナビゲートするベスト型振動触覚デバイスを提案した。モーターバイク乗車時に利用者にとっての振動源となるハンドルとサドルのどちらからも遠い位置にある背中中で通知を行うとしている。しかし、このデバイスではベストがしっかりと背中に密着している必要がある上、システムの GPS 機能の問題により指示を与えるタイミングには課題が残っている。Dancu ら^[4]は自転車周囲の路面に対し映像を投影しナビゲーションのほか、右折、左折、停止等の合図を出し、周囲の車両に対する意思表示を行うことで利用者の安全を確保するシステムを開発した。また、進行方向の障害物を検出しその情報を路面に投影するシステムも提案も行っている。しかし、路面の状況や天候の影響を受けやすく、また、利用者は路面に投影された映像を見るために視線を下げる必要が

あるなどの問題点がある。下山ら^[5]は、リードスイッチと回転角度検出センサを用いて走行状況を、距離センサと照度スイッチを用いて走行環境を検出し、利用者や周囲に警告を与えるシステムの提案をしている。この研究では運転者に対し光、音、振動の 3 段階に分けた警告を行うことで、より確実に運転者に伝えることができるとしている。しかし、利用者に対する警告の強さ、間隔、パターンを評価するために行ったのは振動に関する実験のみであり、音と光での警告手法については提案にとどまっている。また、振動や音は街中を走る場合には警告の手法として不向きであると考えられる。

このように、周囲の状況の検出手法としては多くの研究が行われているが、それを自転車に乗っている利用者に通知する効果的な手法についての研究は進んでいないのが現状である。

周辺視野に対する刺激の研究も行われている^[6]。国際交通安全学会は「中心・周辺視野の脳部位の同定と交通安全への適用に関する研究」のなかで、若年者と高齢者の動的視野特性の定量的な計測と脳内での周辺視野再現部位の特定に関する認知神経科学的実験を行ったとしている。この実験では、単純反応時間と動的視野の測定において指標の輝度、サイズ、色に加え加齢が周辺視野の面積に対し影響を与えるということを示した。後述する比較実験において、本研究でもこれらのことを考慮した。

3. 目的と方針

まず、本研究において自転車が走る環境としては、道路交通法で自転車は原則として車道左側を走るように定められていることから、車道を想定する。その上で、自転車の操車時に、注視することなく様々な情報をユーザに知覚させることができるデバイス(図 1)を提案・作成し、その評価を通して提案の有用性を示すことを目的とする。ハンドルは運転者の視界に容易に入り、また、その横長の形状を利用すれば大きな表示領域として様々な情報を提示可能である。さらに単純な応答に限定すれば、ブレー

^{*1}: 電気通信大学大学院 情報理工学研究科

^{*1}: Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

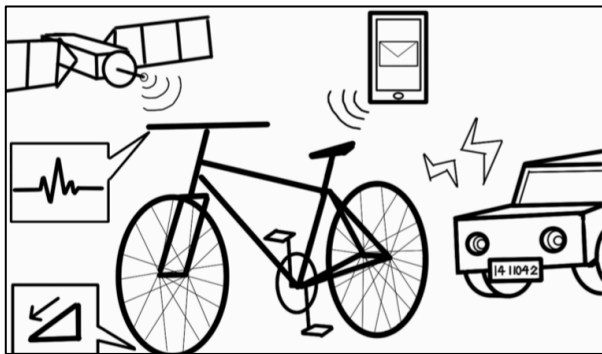


図1 想定される用途
Fig.1 Example applications.

キ時や変速時のように、ハンドルから手を放すことなく安全な操作を行えると期待できる。すなわち、スマートフォンやスマートウォッチへの入力と違い、手を大きく動かす必要がないなどの利点があると考えられる。用途としては、以下のようなものが考えられる。

例1: GPSを利用したナビゲーションシステムを実装する場合であれば、まずスマートフォンなどに搭載されているGPS機能を利用して位置情報やマップ情報などを取得する。次に取得した情報からユーザが設定した目的地までのルート割り出し、現在位置から次の交差点をどちらへ曲がるのがいいかを伝える(一般的にターンバイターン方式と呼ばれる)。伝える手法としてはハンドルの左右に埋め込んだLEDなどで光による通知を行うといったものや、モーターを埋め込み振動で伝えるといったものが考えられる。

例2: スマートフォンと連携させ、スマートフォン側に届いたメールなどに定型的なメッセージによる応答を行なうことが考えられる。ただし、この操作に関しては、走行時に行うと危険であるため、加速度センサで加速度を取得することで停車中にしか操作できないといったような安全対策も必要となってくると考えられる。

例3: 走行中のゲリラ豪雨などを回避できるように行先の天気や、道路の混雑情報を表示したりということも可能である。

上記は、周囲の情報源を利用したハンドル型デバイスの用途であるが、ユーザ自身が情報源となることも考えられる。例えば、ハンドル内部のセンサからユーザの心拍数や血圧といった数値を取得して、ハンドルに埋め込んだ小型ディスプレイでユーザに知らせるといったものが考えられる。尚、ユーザに対して小型ディスプレイで通知を行う際はそのまま数値を表示するよりもピクトグラムを利用してより直感的に通知するといったことも考慮すべきであると考えられる。

このように、ユーザに対し有益な情報を提供する用途として様々なものが考えられるが、今回、本研究では、1節で述べた通り交通事故が問題となっており、その対策が喫緊の課題であると考え、安全面の支援を対象として

後方からの車両の接近を検出するシステムを実装する。

4. 試作システム

4.1 試作システム概要

試作システムは、通知部(ハンドル型デバイス)と後方車両検出部から構成される(図2)。

通知部であるハンドル型デバイスは、本来、強度等を考慮すれば金属製のパイプなどを用いるのが適切であるが、自作の際には加工には専門的な知識や技術及び修練が必要であるため今回の試作システムでは既存の亚克力パイプを利用した。亚克力パイプの厚みは2mm、ハンドルの長さについては一般的なスポーツタイプの自転車のものと同程度(500mm)になるように設定した。左右のグリップ及び管体は3Dプリンタで作成した。

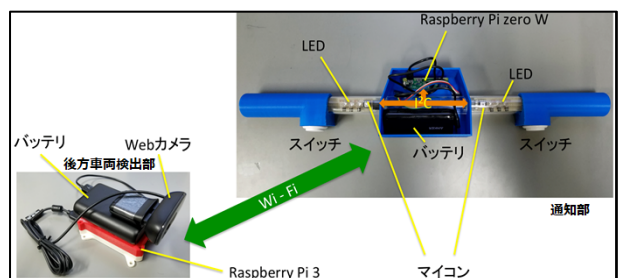


図2 試作システム
Fig.2 Prototype system.

4.2 通知部(ハンドル型デバイス)

4.2.1 構成

通知部には、小型でありバッテリー駆動できること、外部とのWi-Fiによる通信機能を有すること、慣れたプログラミング言語であるJavaで開発できることなどから、Raspberry Pi zero W(以下RP0と略記)を採用した。入力には大きめの単純な押しボタンスイッチ、出力には日中の野外での視認性を考慮し、赤、緑、青の高輝度LEDを用いた(輝度はそれぞれ10000~14400mcd, 45000mcd, 10000mcd)。なお今回は、提案の初期段階の検証が目的であるため、最小限の入出力機能のみを持たせたが、7節で示すような機能増強も検討している。電源には、比較的小型のスマートフォン用のモバイルバッテリー(Anker社, 5200mAh)を使用した。RP0と入出力を制御するマイコン(PIC12F1822)との間の通信にはI²Cを用いた。そのためJavaからI²Cを制御するためのライブラリ(pi4j^[6])を利用した。

4.2.2 Raspberry Pi zero WとI/Oおよびセンサとの接続について

RP0と入出力を制御するマイコン(および各種センサ類)との接続には、フィリップス社が提唱した^[7]シリアル

通信の一種である I²C を用いている (RP0 がマスターである)。そのため、RP0 からは V_{cc}(電源電圧; 3.3V), GND, SCL(クロック; 400kHz), SDA(データ)および高輝度 LED のための電源電圧(5V)の配線を引き出している。I²C を採用することにより、今後、各種センサを追加する場合でも、RP0 の追加工作は必要なく、基本的に 4 本の電線による結線を行うだけでよく、拡張性が高くコンパクトである。

4.3 後方車両検出部

自転車の荷台に設置するため振動に強く小型でバッテリー駆動できること、通知部との Wi-Fi による通信機能を有すること、Java で開発ができることなどから、通知部よりはスペックの高い Raspberry Pi 3 を採用した。これと適度な解像度を持ち安価な Web カメラと通知部よりも容量の大きなモバイルバッテリー(Anker 社, 10000mAh)を組み合わせた。車両の検出は OpenCV による画像処理で実現した。その際の Haar 特徴分類器には、公開されているものを用い^[8]、現状の検出速度は 4.25 回/秒ほどである。

5. 実験

5.1 実験 1: 通知手法に関する比較実験

方式 A としてハンドル型デバイスを模擬したものを、方式 B としてスマートフォンを模擬したディスプレイを用意し、通知に対するユーザの正答率と反応速度を計測する刺激応答実験を行った(図 3)。方式 A においては、内側から赤、緑、青の順で並んだ高輝度 LED (直径 5mm) を使い、方式 B においては画面の左右に表示される方式 A と同色の円 (直径 10mm) を使って刺激を与えた。8 人の被験者 (うち男性 7 人) は方式 A → 方式 B の順で実験を行う 4 人と、方式 B → 方式 A の順で実験を行う 4 人に分けた。

5.1.1 手順

まず被験者を、視界中央に車載動画、視界下端に装置が見えるように座らせる。次に、通知がランダムな間隔とパターンで 300 回現れるので、正面の映像を見ながら手元の装置による通知が赤色に見えたら通知が示した左右どちらかのボタンを押す作業を繰り返させた。これを 1 セッションとする。ただし、被験者に通知の回数と間隔は知らせず、また、瞬間的に視線を下げて通知を確認するために直接見ることは禁止しなかった。これは、実際の環境で使用する場合にも通知を確認するために視線を瞬間的に下げてしまうことは自然な行為であると考えたためである。また、被験者が映像に集中していることを保証するために映像中に標識が現れたら「ひ」、対向車が現れたら「た」と発声させ、これを録音した。実験は、明るい部屋の中で行った。赤色の通知がなされた左右どちらかのボタンを一定時間内に押下する場合と、緑と青に

よる通知を無視する場合を正答とし、それ以外を誤答とした。

2 つの方式による実験が終わった後で、それぞれの方式についてアンケートに答えさせた。

5.1.2 アンケート

アンケートでは、「それぞれの方式のどちらがより見やすかったか」といった二択の設問のほか、「明るさ」、「周辺視野におけるわかりやすさ」、「視線を下げた頻度」、「疲労感」について 5 段階で答えさせ、最後に自由記述欄を設けた。

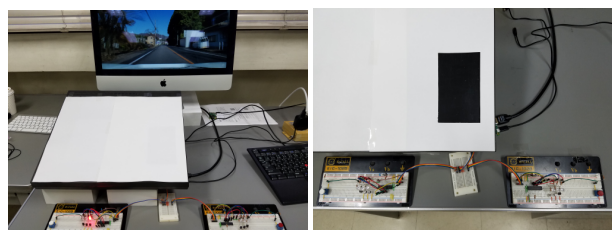


図 3 方式 A と方式 B

Fig.3 Method A and B.

5.2 実験 2: 車両検出と通知に関する実験

ハンドル型デバイスと検出部を実際に装着した自転車でゆっくり走り、後ろから近づく車両を検出できることを確認する実験とする。

本実験に関しては現在準備中である。現段階は PC のディスプレイに表示させた車両の画像を Web カメラで動画撮影し、画像処理を行い車両として認識した後、経験的に決めた距離ごとの危険度に A, B, C のラベルを振り、通知部に送信することは実現できている。

今後実際に安全のため大学構内で後方から接近する車両の検出と通知ができることを確認し、さらに 3 段階の閾値を実際の距離に応じて調整する必要がある。

6. 結果と考察

以下に実験 1 の結果を示し、考察を述べる。

6.1 結果

平均正答率の結果(図 4)として、右赤は、方式 A では 96.6%, 方式 B では 89.4%であった。左赤は、方式 A では 96.9%, 方式 B では 90.9%であった。それ以外についても 1%未満の差ではあるが、全体的に方式 Aの方がわずかに高くなった。全被験者の平均反応時間は、方式 A で 744.3ms, 方式 B で 854.6ms であった。被験者ごとの反応時間(図 5)を見ると、被験者 2 を除いて、方式 A への反応時間が短くなっていることがわかる。

また、アンケートの、「どちらの方式がより見やすかったか？」という質問に対し被験者全員が「方式 A（試作デバイス）」と答えた。5段階で答えさせた結果の平均値は表 1 に示す通りであった。自由記述には、通知に用いた色について「補色関係にある赤と緑を用いるのは適切ではないのではないか」と指摘があった。

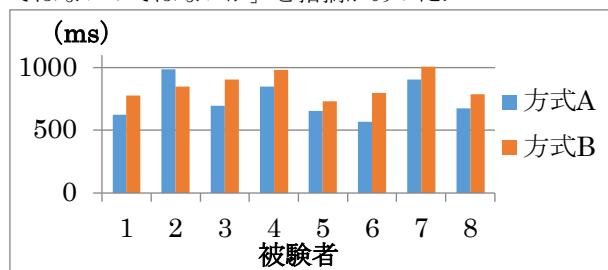


図 4 各刺激に対する反応の平均正答率

Fig.4 Mean rate for correct response to each stimulus.

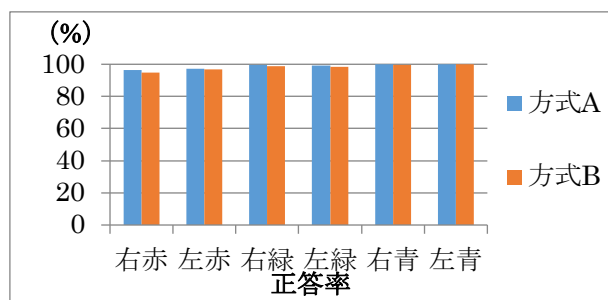


図 5 平均反応時間

Fig.5 Average reaction time.

表 1 アンケート結果

Table 1 Questionnaire result

	明るさ	周辺視野における わかりやすさ	視線を 下げた 頻度	疲労感
方式 A	3.0	3.4	1.3	2.5
方式 B	1.6	1.4	2.6	3.4

6.2 考察

結果を見ると、平均正答率は方式 A と方式 B との間に大きな差はなく、どちらの方式でも被験者は通知の意図を理解し反応できたことが分かった。また、平均反応時間では平均で 106ms の差があるが、これは一般的な自転車速度を 4.2m/s (約 15km/h)、自動車の速度を 16m/s (約 60km/h) で考えると、方式 A の方が方式 B より 1.3m ほど手前で反応することができることを示している。1.3m ほどの差があれば、回避行動などをとるには多少余裕が生まれると考えられ、提案システムが有用であることを示していると思われる。

アンケートの結果に関しては、「周辺視野でのわかりやすさ」の項目について特に大きな差が見られた。これは、方式 A がユーザにとって十分に目的を達したものとされていたことを示していると考ええる。

今回の実験では方式 B の通知について、指標の大きさや輝度について十分な事前検証を行わなかったが、実験環境も含めてより多様な条件で検証することでより正確なデータが得られるのではないかと考えられる。

7. おわりに

近年、交通事故全体における自転車関与率の上昇が問題となっている。そこで、本研究では自転車を操車するユーザに対し周囲の情報を通知する手法について提案を行った。ユーザにとって容易に視界に入り、横に広い表示領域として利用可能であるハンドルに注目し、デバイスを作成、評価した。

今回、実験と評価を行なったが、正確な認識率に関しては差は微小であることがわかった。反応時間に関しては全体的に提案手法（方式 A）の方が優れていた。実験 2 に関しては速やかな実施に向け準備中である。また、視標の輝度や大きさなどの条件を変えて実験を行うことでより正確な結果が得られるのではないかと考える。

さらに、今回は車両検出のみを実装したが、本研究で提案したハンドル型デバイスは様々な種類の情報源からデータを得ることを想定して作成したため、機能を増やしていくことも考えられる。例えば、電子コンパスや加速度センサ、気温・湿度センサなどである。また、入力についてはスライダーなどの多値入力デバイスの追加を検討している。

参考文献

- [1] 警視庁: 自転車事故関連データ 自転車事故の推移 平成 29 年 11 月末, (2017).
- [2] 警視庁交通局: 平成 28 年における交通事故の発生状況, (2017).
- [3] Manoj, P., Paul, T., Daniel, G., Tracy, H.: Haptimoto: Turn-by-Turn Haptic Route Guidance Interface for Motorcyclists; CHI (2014).
- [4] Alexandru, D., Velko, V., Advie, U., et al.: Gesture Bike: Examining Projection Surfaces and Turn Signal Systems for Urban Cycling; ITS'15, November 15-18, (2015).
- [5] 下山, 安藤, 山崎, 石井, 平山: マルチセンサを用いた走行解析による自転車事故防止システムの検討; 情報処理学会研究報告, 2015-EMB-36(51), pp. 1-6, (2015).
- [6] The Pi4J Project; <http://pi4j.com>, 最終確認日 2018 年 7 月 17 日.
- [7] Philips Semiconductors: I²C バス仕様書 バージョン 2.1, (2000).
- [8] Andrews, S.; vehicle_detection_haarcascades; https://github.com/andrewssobral/vehicle_detection_haarcascades, 最終確認日: 2017 年 12 月 29 日.
- [9] 国際交通安全学会: 中心・周辺視野の脳部位の同定と交通安全への適用に関する研究 報告書; (2017).
- [10] Bytedeco: javacv; <https://github.com/bytedeco>, 最終確認日: 2017 年 12 月 29 日.